

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-286977

(P2002-286977A)

(43) 公開日 平成14年10月3日 (2002.10.3)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup> 識別記号

G 0 2 B 6/42

H 0 1 S 5/022

5/183

F I

G 0 2 B 6/42

H 0 1 S 5/022

5/183

キーワード (参考)

2 H 0 3 7

5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2001-89557(P2001-89557)

(22) 出願日 平成13年3月27日 (2001.3.27)

(71) 出願人 000116024

ローム株式会社

京都府京都市右京区西院清崎町21番地

(72) 発明者 大西 大

京都市右京区西院清崎町21 ローム株式会  
社内

(74) 代理人 100094145

弁理士 小野 由己男 (外1名)

Fターム(参考) 2H037 AA01 BA02 CA01 DA03 DA04

DA06 DA16

5F073 AB13 AB17 AB28 BA02

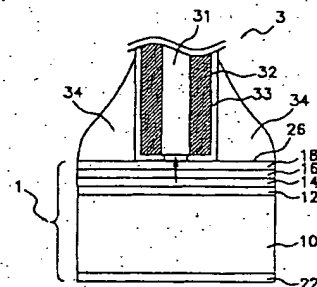
(54) 【発明の名称】 光通信モジュール

(57) 【要約】

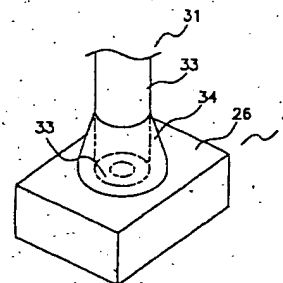
【課題】 光通信モジュールにおいて、製造工程を簡素化して生産性を向上させ、コストの低減を図ることである。また、製造工程を簡素化して不良品の発生率を低減することである。

【解決手段】 光ファイバ3の一方の端面及びその端面付近の外周面上にコア31を露出するように電極33を形成し、電極33が形成された光ファイバ3の端面を面発光レーザ1の光放出面26に接触させ、これらをオープン等により加熱して電極33を光放出面26に融着させる。さらに、光ファイバ3及び面発光レーザ1の固定を強化するために、接合部付近を樹脂34で固定してもよい。

(a)



(b)



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】線状の光伝送部と、前記光伝送部を覆うように形成される同心円筒状の光閉込部と、一方の端面において前記光伝送部が露出されるように当該端面に形成された電極とを有する光伝送線と、  
前記電極と融着されており所定周波数の光が出射される光放出面を有する面発光レーザと、を備える光通信モジュール。

【請求項2】線状の光伝送部と、前記光伝送部を覆うように形成される同心円筒状の光閉込部と、一方の端面において前記光伝送部が露出されるように当該端面に形成された電極とを有する第1光伝送線と、  
前記電極と融着されており所定周波数の光が出射される光放出面を有する面発光レーザと、  
光信号を送送する第2光伝送線と、  
前記第2光伝送線により伝送された光信号を受光する受光素子と、  
前記面発光レーザと前記受光素子とを固定するための固定部と、を備える光通信モジュール。

【請求項3】光信号を送送するための光伝送線であって、  
線状の光伝送部と、  
前記光伝送部を覆うように形成される同心円筒状の光閉込部と、  
一方の端面において前記光伝送部が露出されるように当該端面に形成された電極と、を備える光伝送線。

【請求項4】所定周波数の光を出射する面発光レーザと、線状の光伝送部と光伝送部を覆うように形成される同心円筒状の光閉込部とを有する光伝送線とを備える光通信モジュールを製造する方法であって、  
前記光伝送線の第1端面において前記光伝送部を露出するように、当該端面に前記面発光レーザの電極を形成する第1段階と、  
前記面発光レーザの光放出面に電極を融着する第2段階と、を含む光通信モジュールの製造方法。

【請求項5】前記第1段階は、  
前記第1端面にレジスト膜を塗布する第3段階と、  
前記光伝送線の第2端面側から前記光伝送部に紫外光線を入射して前記レジスト膜を感光させる第4段階と、  
前記レジスト膜を現像して前記第1端面に露出する光伝送部上にレジスト膜を残す第5段階と、  
前記第1端面に電極材料を積層する第6段階と、  
前記現像後に残ったレジスト膜をレジスト膜表面の電極材料とともに除去し、前記光伝送路を露出する第7段階と、を含む請求項4に記載の光通信モジュールの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信モジュール、特に、発光素子及び光伝送線を備える光通信モジュールに関する。

【0002】

【従来の技術】光通信モジュールは、電気信号を光信号に変換して送信し、受信した光信号を電気信号に変換する装置であり、光信号を送送する光伝送線と、送信光信号を光伝送線に出射する発光素子と、光伝送線により伝送された受信光信号を受光する受光素子とを備えている。発光素子は、例えば半導体レーザであり、電極に所定の電気信号が入力されると所定周波数のレーザ光を出射する。光伝送線は、例えば光ファイバであり、光信号が伝送される線状の光伝送部（コア）と、光伝送部を覆うように同心円筒状に形成される光閉込部（クラッド）とから構成されている。受光素子は、例えばフォトダイオードであり、光伝送線により伝送された受信光信号を電気信号に変換する。このような光通信モジュールでは、送信電気信号が半導体レーザの電極に入力されると、半導体レーザが送信電気信号を送信光信号に変換して光ファイバに出力し、光ファイバにより伝送された受信光信号をフォトダイオードにおいて受信電気信号に変換する。

【0003】従来、光ファイバの光入出力端面と半導体レーザとの間にレンズ等を配置し、半導体レーザから出射されるレーザ光をレンズ等により集光して光ファイバに入力している。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】このような従来の構成では、光ファイバ、半導体レーザ及びレンズ等を用意し、半導体レーザからの光がレンズを介して光ファイバのコアに導かれるようにアライメントし、その後これらを固定する必要がある。アライメント工程では、光ファイバ、半導体レーザ及びレンズ等を正確に位置合わせする必要があり、労力と時間を要し、コストの低減を妨げている。また、アライメント工程後に半導体レーザ及びレンズ等を光ファイバに対して固定する工程においてアライメントがずれてしまうことがあり、アライメント工程後の固定工程が不良品発生の原因になっている。

【0005】本発明の目的は、光通信モジュールにおいて、製造工程を簡素化して生産性を向上させ、コストの低減を図ることである。また本発明の別の目的は、光通信モジュールにおいて、製造工程を簡素化して不良品の発生率を低減することである。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】第1発明に係る光通信モジュールは、光伝送線と面発光レーザとを備えている。光伝送線は、線状の光伝送部と、光伝送部を覆うように形成される同心円筒状の光閉込部と、一方の端面において光伝送部が露出されるように当該端面に形成された電極とを有している。面発光レーザは、光伝送線の電極と融着されており、所定周波数の光が出射される光放出面を有している。面発光レーザとしては、特開2000-

332351号公報に記載されているような、2次元回折格子を用いた共振器を有する面発光レーザを用いることができる。このような面発光レーザを用いると、電極を光放出面のどの位置に設けても、電極の下方の部分から同じようにレーザ出力を得られる。

【0007】第1発明に係る光通信モジュールでは、光伝送線の一方の端面に形成された電極が面発光レーザの光放出面に融着されており、この電極が面発光レーザの一方の電極として機能する。この場合、電極から光放出面の下方にキャリアが注入され、電極の下方からレーザ光が出射される。このとき、この端面では光伝送部が露出されているため、出射されるレーザ光は光伝送部に導かれる。

【0008】第1発明に係る光通信モジュールによれば、光伝送線を発光素子に直接固定するので、レーザ光を光伝送線に集光するためのレンズ等の光学部品が不要になり、発光素子、光伝送線及び光学部品のアライメントが不要になる。これにより、製造工程が大幅に簡素化されて生産性が向上する。生産性の向上及び高価な光学部品の削減により、光通信モジュールのコストを低減することができる。また、光伝送線の電極を面発光レーザに融着して光伝送線と面発光レーザとを固定するので、両者の固定が安定し、不良品の発生率を低減できる。

【0009】第2発明に係る光通信モジュールは、第1光伝送線と第2光伝送線と面発光レーザと受光素子と面発光レーザ及び受光素子を固定するための固定部とを備えている。第1光伝送線は、線状の光伝送部と光伝送部を覆うように形成される同心円筒状の光閉込部とを有している。また第1光伝送線は、一方の端面において光伝送部が露出されるように当該端面に電極が形成されている。面発光レーザは、電極と融着されており、所定周波数の光が出射される光放出面を有している。第2光伝送線は光信号を伝送し、受光素子は、第2光伝送線を伝送された光信号を受光する。この光通信モジュールは、面発光レーザ及び受光素子は固定部に固定されて、双方向通信を行うための装置として機能する。

【0010】第2発明に係る光通信モジュールは、送信側の構成が第1発明に係る光通信モジュールと同様であり、さらに受信側の構成を備えている。このような双方向光通信モジュールに第1発明を適用した場合も、第1発明において述べたと同様の作用効果を奏する。

【0011】第3発明に係る光伝送線は、光信号を伝送するための光伝送線であって、光伝送部と光閉込部と電極とを備えている。光伝送部は、線状の部材であり、光の導波路として機能する。光閉込部は、光伝送部を覆うように形成される同心円筒状の部材である。電極は、一方の端面において光伝送部が露出されるように当該端面に形成されている。

【0012】第3発明に係る光伝送線を用いると、電極が形成された端面を面発光レーザの光放出面に接触さ

せ、この電極を光放出面に融着させて、第1発明に係る光通信モジュールを形成することができる。

【0013】第4発明に係る光通信モジュールの製造は、所定周波数の光を出射する面発光レーザと、線状の光伝送部と光伝送部を覆うように形成される同心円筒状の光閉込部とを有する光伝送線とを備える光通信モジュールを製造する方法であって、第1段階と第2段階とを含んでいる。即ち、第1段階では、光伝送線の第1端面において光伝送部を露出するように、当該端面に面発光レーザの電極を形成する。第2段階では、面発光レーザの光放出面に電極を融着する。

【0014】第4発明に係る光通信モジュールの製造方法では、光伝送線の第1端面に電極を形成し、この電極を面発光レーザの光放出面に融着させて一方の電極として機能させる。また、光伝送線の電極が形成される端面では光伝送部が露出させるので、光放出面から出射される光は光伝送部に導かれる。第4発明に係る光通信モジュールの製造方法によれば、第1発明において述べたと同様に、生産性の向上及び高価な光学部品の削減により、光通信モジュールのコストを低減することができる。また、光伝送線の電極を面発光レーザに融着して光伝送線と面発光レーザとを固定するので、両者の固定が安定し、不良品の発生率を低減できる。

【0015】第5発明に係る光通信モジュールの製造方法は、第4発明に係る製造方法において、第1段階は第3から第7段階より構成されている。即ち、第3段階では、第1端面にレジスト膜を塗布する。第4段階では、光伝送線の第2端面側から光伝送部に紫外光線を入射してレジスト膜を感光させる。第5段階では、レジスト膜を現像して第1端面に露出する光伝送部上にレジスト膜を残す。第6段階では、第1端面に電極材料を積層する。第7段階では、現像後に残ったレジスト膜をレジスト膜表面の電極材料とともに除去し、光伝送部を露出する。

【0016】第5発明に係る光通信モジュールの製造方法では、光伝送部を介してレジスト膜を感光することにより、光伝送部を覆うレジスト膜のみを容易に感光させることができる。

【0017】また、第4発明又は第5発明に係る製造方法の第2段階では、一方の電極が形成されていない複数の面発光レーザが形成された半導体ウエハをダイシング又は劈開して、一方の電極が形成されていない複数の面発光レーザを形成し、その後、光伝送線の第1端面に形成された電極と面発光レーザの光放出面とを接触させ、光伝送線及び面発光レーザを加熱して、電極と面発光レーザの光放出面とを融着させるようにしても良い。この場合は、ダイシング又は劈開した面発光レーザの光放出面に光伝送線を融着させれば良く、面発光レーザに光伝送線を効率良く接合することができる。

【0018】

【発明の実施の形態】〔全体構成〕図1は、本発明の一実施形態が採用される光通信モジュールの概略構成図である。本実施形態の光通信モジュールは、送信光信号を出射する面発光レーザ1と、受信光信号を受光する受光素子2と、送受信光信号をそれぞれ伝送する送信用光ファイバ3及び受信用光ファイバ4と、光ファイバ4と受光素子2の間に配置され光ファイバ4から出力される受信光信号を受光素子2に集光するためのレンズ5と、面発光レーザ1及び受光素子2が固定されるヘッド6とを備えている。

〔0019〕本実施形態の光通信モジュールでは、送信電気信号が面発光レーザ1の電極に印加されると、面発光レーザ1が送信電気信号を送信光信号に変換して光ファイバ3に出力する。また、受信光信号が光ファイバ4から出力されると、受信光信号はレンズ5を介して受光素子2に集光され、受光素子が受信光信号を受信電気信号に変換する。

〔0020〕〔光ファイバの構成〕図2は、面発光レーザ1との接続部付近における、光ファイバ3を軸方向に沿って切った断面図(a)及び光ファイバ3の面発光レーザ1との接合面(b)である。光ファイバ3は、図2に示すように、光を伝送するための光伝送部としてのコア31と、コア31に光を閉じ込める光閉込部としてのクラッド32とからなっている。また、光ファイバ3には、面発光レーザ1と接合される端面及びこの端面付近の外周面に電極33が形成されている。この電極33は、面発光レーザ1のアノード電極として形成される。なお、光ファイバ3の面発光レーザ1との端面ではコア31が露出されるように、電極33はドーナツ状に形成され開口部を有している。この開口部を形成することによりコア31を露出し、面発光レーザ1から出射される光を効率良くコア31に導入する。

〔0021〕本実施形態の光通信モジュールでは、光ファイバ3に形成された電極33を面発光レーザ1の光放出面26（後述）に融着し、この電極33を面発光レーザ1のアノード電極として用いる。この場合、面発光レーザ1からのレーザ光を光ファイバ3に集光させるためのレンズ等の光学部品が必要なくなり、面発光レーザ1、光ファイバ3及び光学部品のアライメントが不要になる。

〔0022〕〔面発光レーザの構成〕本実施形態の面発光レーザ1は、図3(a)に示すように、基板10と、第1閉込層12と、第2閉込層14と、活性層16と、第3閉込層18と、カソード電極22とを備えている。第3の閉込層18の表面には、図2に示した電極33が接合される。また、図3(b)に示すように、第1閉込層12には、高屈折率の領域の中に低屈折率の凹部24aが平面上に一定の間隔をもって形成された2次元回折格子24が形成されている。

〔0023〕基板10としては、例えば面方位が(00

1)のn型InPの半導体基板を用いる。第2閉込層14にはn型InPの半導体層を用い、第3閉込層18にはp型InPの半導体層を用いる。第3閉込層18の表面は、レーザ光が出力される光放出面26として機能する。活性層16は、単一又は多重量子井戸構造とすることができ、例えば、InGaAs/InGaAsP系無歪多重量子井戸構造を用いて、発光波長が1.3μm帯の面発光レーザ1を実現することができる。

〔0024〕第1閉込層12は、高屈折率のIII-V族化合物半導体、例えば、InP、InGaAsP、GaAs、InGaAs等を用いることができる。2次元回折格子24は、図3に示すように、第1閉込層12の表面に形成される複数の凹部24aにより構成されている。各凹部24aの間隔は、活性層16のエネルギーバンドギャップで規定される光の波長の整数倍になるように形成する。ここで各凹部24aは、柱状（例えば、円柱状）の空間部として設ける。各凹部24aの屈折率は、第1閉込層12の屈折率よりも小さくなるように形成する。例えば、凹部24aは何も埋め込まず（空気が存在する状態にして）、凹部24aの屈折率を第1閉込層12の屈折率よりも小さくし、両者の屈折率差を大きくする。また、凹部24aに低屈折率の誘電体材料（SiN膜等）を埋め込んで良い。このように屈折率差を大きくすると、屈折率の大きい媒質内に光を閉じ込めることができる。

〔0025〕この面発光レーザ1は、電極33及びカソード電極22に送信電気信号が印加されて活性層16にキャリアが注入されると、活性層16のエネルギーバンドギャップに相当する波長の光が発生する。活性層16で発生した光は、2次元回折格子24において位相の揃った光に増幅され、再び活性層16に入射して誘導放出を引き起こす。この誘導放出光は、再び、2次元回折格子24において位相の揃った光が増幅され、活性層16に戻る。このように活性層16における誘導放出及び2次元回折格子24における増幅が繰り返され、光放出面26からレーザ光が出射される。このレーザ光が電極33の開口部からコア31に入射し、伝送される。

〔0026〕このように形成された面発光レーザ1では、電極33の下方の活性層16の領域にのみキャリアが注入されるが、活性層16及び2次元回折格子24が全面に形成されているので、電極33を光放出面26のどの部分に融着したとしても、電極33の下部において同じように発光し、レーザ光が光ファイバ33のコア31に導かれる。このため、この面発光レーザ1を用いれば、光ファイバ3を面発光レーザ1に容易に固定することができる。

〔0027〕〔光通信モジュールの製造プロセス〕以下、図4から図9を参照して、光ファイバ3を面発光レーザ1に接合する方法について説明する。

〔0028〕まず、図4に示すように、光ファイバ3の

接合すべき第1端面及び第1端面付近の外周面にレジスト34（例えば、AZ5214E）を塗布する。本実施形態では、第1端面から軸方向に約50～1000 $\mu$ mの長さの外周面にレジスト34を塗布する。次に、図5に示すように、第1端面とは反対の側の第2端面からコア31に紫外光（波長0.3～0.4 $\mu$ m）を入射し、第1端面のコア31の表面に塗布されたレジスト34を感光させる。感光後のレジスト34を現像液（例えば、AZ300）により現像し、図6に示すように、レジスト感光部34aを残してレジスト34を剥離させる。その後、図7に示すように、InZn・AuZn・InAu等の電極材料を蒸着して電極33を形成し、残っているレジスト感光部34aをその部分の電極材料と共にリフトオフして、図2に示すようにコア31を露出させる。

【0029】図8は、アノード電極以外の各層22・10・12・14・16・18（図3）がこの順番に積層された半導体ウエハ10である。この半導体ウエハ10を複数の領域に劈開（又はダイシング）して、アノード電極が形成されていない面発光レーザ1を作成する。

【0030】図9（a）は、半導体ウエハ10から劈開された面発光レーザ1と光ファイバ3の断面図であり、図9（b）は、その斜視図である。上述したような工程で電極33が作成された光ファイバ3を、図9に示すように、面発光レーザ1の光放出面26に接触させ、その状態でこれらをオープン等により加熱する。加熱する温度は、約150～600℃とする。加熱されることにより、電極33の材料が溶けて光放出面26に融着される。この電極33が面発光レーザ1のアノード電極として機能する。さらに、面発光レーザ1と電極34との固定を高めるために、接続部を樹脂34により固定する。

【0031】〔まとめ〕この製造方法によれば、光ファイバ3を面発光レーザ1に直接固定するので、レーザ光を集光するためのレンズ等の光学部品が必要なくなり、面発光レーザ1、光ファイバ3及び光学部品のアライメントが不要になり、製造工程が簡素化されて生産性が向上する。

【0032】製造工程が大幅に簡素化されて生産性が向上することに加え、レンズ等の高価な光学部品を削減できるので、製造コストを大幅に低減することができる。さらに、光ファイバ3に形成した電極33を光放出面26に融着させるので、面発光レーザ1と光ファイバ3との固定が安定したものとなり、不良品の発生率を大幅に低減することができる。面発光レーザ1及び光ファイバ3を融着した後、接合部をさらに樹脂34で固定すれば、さらに両者の固定が安定する。

【0033】なお、本実施形態の面発光レーザ1では、光放出面26のどの部分に光ファイバ3を融着させたとしても、光ファイバ3に形成された電極33の下方において面発光レーザ1が発光し、レーザ光が光ファイバ3のコア31に導かれる。このため、光ファイバ3を面発光レーザ1に容易に固定できる。

【0034】

【発明の効果】本発明によれば、光通信モジュールにおいて、発光素子を光伝送線に直接固定するので、発光素子からの光を光伝送線に集光するための光学部品が不要になり、発光素子、光伝送線及び光学部品のアライメントが必要なくなる。これにより、製造工程が簡素化されて生産性が向上する。また、生産性の向上及び高価な光学部品の削減により、コストの低減を図ることができる。

【0035】また本発明によれば、光通信モジュールにおいて、発光素子と光伝送線との固定が安定するので、不良品の発生率を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

20 【図1】本発明の一実施形態に係る光通信モジュールの概略構成図。

【図2】送信用光ファイバの断面図（a）、第1端面の平面図（b）。

【図3】面発光レーザの斜視図（a）、そのI-I'における断面図（b）。

【図4】送信用光ファイバの製造プロセスの説明図（その1）。

【図5】送信用光ファイバのプロセスの説明図（その2）。

30 【図6】送信用光ファイバのプロセスの説明図（その3）。

【図7】送信用光ファイバのプロセスの説明図（その4）。

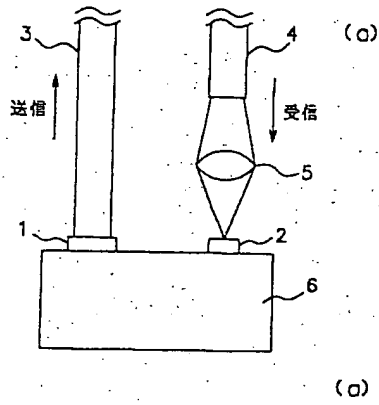
【図8】面発光レーザが形成された半導体ウエハ。

【図9】送信用光ファイバと面発光レーザとの融着を説明する断面図（a）、その斜視図（b）。

【符号の説明】

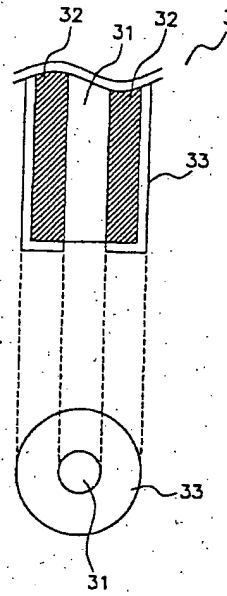
- |    |                  |
|----|------------------|
| 1  | 面発光レーザ（発光素子）     |
| 2  | 受光素子             |
| 3  | 送信用光ファイバ（第1光伝送線） |
| 4  | 受信用光ファイバ（第2光伝送線） |
| 10 | 半導体ウエハ           |
| 26 | 光放出面             |
| 31 | コア（光伝送部）         |
| 32 | クラッド（光閉込部）       |
| 33 | アノード電極           |

【図1】

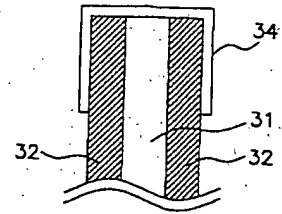


1. 面発光レーザー  
2. 受光素子  
3. 光ファイバ（送信用）  
4. 光ファイバ（受信用）  
5. レンズ  
6. マウント

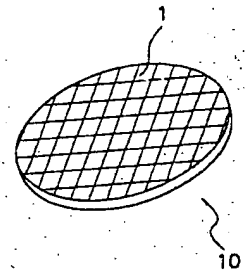
【図2】



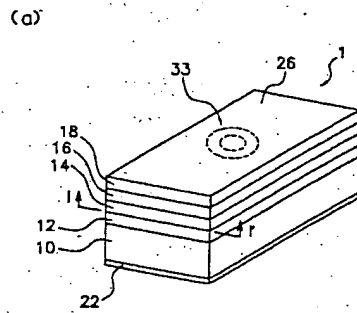
【図4】



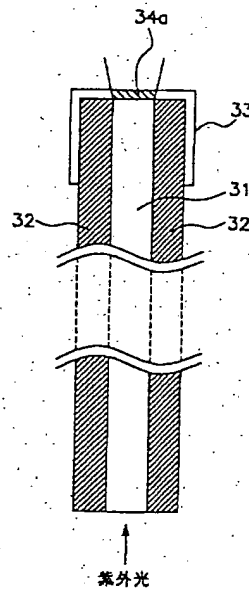
【図8】



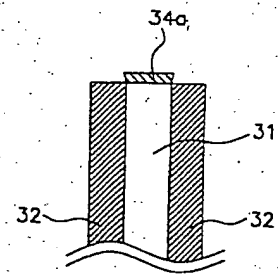
【図3】



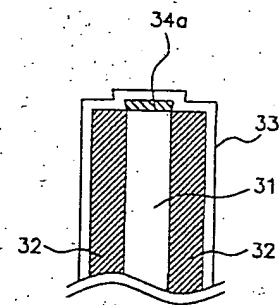
【図5】



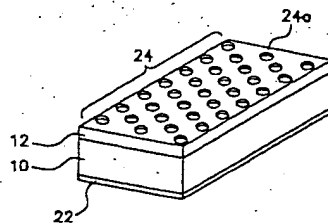
【図6】



【図7】



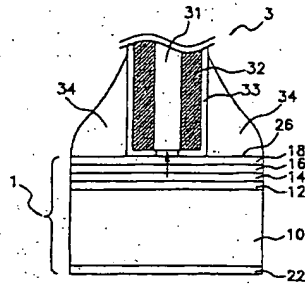
(b)



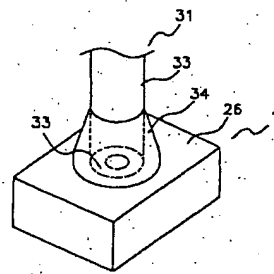
紫外光

【図9】

(a)



(b)



*Date: November 27, 2003*

### *Declaration*

*I, Michihiko Matsuba, President of Fukuyama Sangyo Honyaku Center, Ltd., of 16-3, 2-chome, Nogami-cho, Fukuyama, Japan, do solemnly and sincerely declare that I understand well both the Japanese and English languages and that the attached document in English is a full and faithful translation, of the copy of Japanese Unexamined Patent No. 2002-286977 laid open on October 3, 2002.*

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'm. matsuba', with a stylized, cursive script.

*Michihiko Matsuba*

*Fukuyama Sangyo Honyaku Center, Ltd.*



OPTICAL COMMUNICATION MODULE

Japanese Unexamined Patent No. 2002-286977

Laid-open on: October 3, 2002

Application No. 2001-89557

Filed on: March 27, 2001

Inventor: Masaru ONISHI

Applicant: ROHM Co., Ltd.

Patent Attorney: Yukio ONO, et al.

SPECIFICATION

[TITLE OF THE INVENTION] Optical Communication Module

[ABSTRACT]

[THEME] To simplify the manufacturing process of an optical communication module to improve productivity and reduce the cost. Also, to simplify the manufacturing process to reduce the rate of occurrence of defects.

[SOLUTION MEANS] An electrode 33 is formed on one end face and the outer peripheral surface of the vicinity of this end face of an optical fiber 3 while leaving a core 31 exposed, the end face of optical fiber 3 at which electrode 33 has been formed is put in contact with a light emitting surface 26 of a surface emission laser 1, and these components are heated in an oven,

etc., to fuse electrode 33 to light emitting surface 26. Furthermore, in order to strengthen the fixing of optical fiber 3 and surface emission laser 1, the vicinity of the junction part may be fixed with a resin 34.

[WHAT IS CLAIMED IS;]

[Claim 1] An optical communication module comprising: an optical transmission line, having a linear light transmission part, a light containment part with a concentric cylindrical form formed so as to cover said light transmission part, and an electrode formed on one end face in a manner such that said light transmission part is exposed at said end face; and a surface emission laser, having a light emitting surface, fused with said electrode and emitting light of a predetermined frequency.

[Claim 2] An optical communication module comprising: a first optical transmission line, having a linear light transmission part, a light containment part with a concentric cylindrical form formed so as to cover said light transmission part, and an electrode formed on one end face in a manner such that said light transmission part is exposed at said end face; a surface emission laser, having a light emitting surface, fused with said electrode and emitting light of a predetermined frequency;

a second optical transmission line, transmitting optical signals;

a light receiving element, receiving the optical signals transmitted by said second optical transmission line; and  
a fixing part, fixing said surface emission laser and said light receiving element.

[Claim 3] An optical transmission line for transmitting optical signals, said optical transmission line comprising:

a linear light transmission part;

a light containment part with a concentric cylindrical form formed so as to cover said light transmission part; and  
an electrode formed on one end face in a manner such that said light transmission part is exposed at said end face.

[Claim 4] A method for manufacturing an optical communication module, equipping a surface emission laser, emitting light of a predetermined frequency, and an optical transmission line, having a linear light transmission part and a light containment part with a concentric cylindrical form formed so as to cover the light transmission part, said optical communication module manufacturing method comprising:

a first step of forming an electrode of said surface emission laser on a first end face of said optical transmission line in a manner such that said light transmission part is exposed

at said end face; and

a second step of fusing the electrode to the light emitting surface of said surface emission laser.

[Claim 5] The optical communication module manufacturing method according to Claim 4, wherein said first step comprises:

a third step of coating said first end face with a resist film;

a fourth step of making ultraviolet light enter said light transmission part from a second end face side of said optical transmission line to expose said resist film;

a fifth step of developing said resist film to make the resist film remain on the light transmission part that is exposed at said first end face;

a sixth step of laminating electrode material onto said first end face; and

a seventh step of removing the resist film remaining after said development along with the electrode material on the resist film surface to expose said light transmission path.

#### [DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION]

[0001]

[Field of the Invention] This invention concerns an optical communication module, particularly an optical communication module equipped with a light emitting element and an optical transmission line.

[0002]

[Prior Arts] An optical communication module is a device that converts electrical signals into optical signals and then sends the optical signals and converts received optical signals into electrical signals and comprises: an optical transmission line, transmitting optical signals; a light emitting element, emitting outgoing optical signals into the optical transmission line; and a light receiving element, receiving incoming optical signals that have been transmitted by the optical transmission line. The light emitting element is, for example, a semiconductor laser that emits laser light of a predetermined frequency when predetermined electrical signals are input into an electrode. The optical transmission line is, for example, an optical fiber arranged with a linear light transmission part (core), in which the outgoing and incoming optical signals are transmitted, and a light containment part (clad), which is formed in a concentric cylindrical form so as to cover the light transmission part. The light receiving element is, for example, a photodiode, which converts the incoming optical signals, which are transmitted through the optical transmission line, into electrical signals. With such an optical communication module, the outgoing electrical signals are input into the electrode of the semiconductor laser,

the semiconductor laser converts the outgoing electrical signals into outgoing optical signals and outputs these optical signals into the optical fiber, and the incoming optical signals, which have been transmitted by the optical fiber, are converted into incoming electrical signals at the photodiode.

[0003] With a prior art, a lens, etc., is disposed between the optical input/output end face of the optical fiber and the semiconductor laser to converge the laser light emitted from the semiconductor laser and input the light into the optical fiber by means of the lens, etc.

[0004]

[Problems to be Solved by the Invention] With such a prior-art arrangement, the optical fiber, semiconductor laser, and lens, etc., must be prepared and these components must be fixed after performing alignment so that the light from the semiconductor laser will be guided via the lens into the core of the optical fiber. The optical fiber, semiconductor laser, and lens, etc., must be positioned accurately in the alignment process and this process therefore required much labor and time and prevented the reduction of cost. Also in some cases, the alignment deviates in the process of fixing the semiconductor laser and the lens, etc., with respect to the optical fiber after the alignment process, and this fixing process subsequent the

alignment process was a cause of occurrence of defects.

[0005] An object of this invention is to simplify the manufacturing process of an optical communication module to improve productivity and reduce the cost. Another object of this invention is to simplify the manufacturing process to reduce the rate of occurrence of defects.

[0006]

[Means for Solving Problems] An optical communication module of a first aspect of this invention is equipped with an optical transmission line and a surface emission laser. The optical transmission line has a linear light transmission part, a light containment part with a concentric cylindrical form formed so as to cover the light transmission part, and an electrode formed on one end face in a manner such that the light transmission part is exposed at that end face. The surface emission laser has a light emitting surface, which is fused with the electrode of the optical transmission line and from which light of a predetermined frequency is emitted. As the surface emission laser, a surface emission laser, such as described in Japanese Unexamined Patent Publication No. 2000-332351 and having a resonator that uses a two-dimensional diffraction grating, may be used. By using such a surface emission laser, the same laser output can be obtained from below the electrode no matter where

on the light emitting surface the electrode is disposed.

[0007] With the optical communication module of the first aspect of this invention, the electrode that is formed on one end face of the optical transmission line is fused to the light emitting surface of the surface emission laser and this electrode serves as one of the electrodes of the surface emission laser. In this case, carriers are injected below the light emitting surface from the electrode and laser light is emitted from below the electrode. Since the light transmission part is exposed at this end face, the laser light that is emitted is guided to the light transmission part.

[0008] With the optical communication module of the first aspect of this invention, since the optical transmission line is fixed directly to the light emitting element, a lens or other optical part for converging the laser light into the optical transmission line is made unnecessary and alignment of the light emitting element, optical transmission line, and optical part is made unnecessary. The manufacturing process is thus simplified significantly and the productivity is improved. By improvement of the productivity and elimination of an expensive optical part, the cost of the optical communication module can be reduced. Also, since the electrode of the optical transmission line is fused to the surface emission laser to



fix the optical transmission line and the surface emission laser, the fixing of these components is stabilized and the rate of occurrence of defects can be reduced.

[0009] An optical communication module of a second aspect of this invention is equipped with a first optical transmission line, a second optical transmission line, a surface emission laser, a light receiving element, and a fixing part for fixing the surface emission laser and the light receiving element. The first optical transmission line has a linear light transmission part and a light containment part with a concentric cylindrical form formed so as to cover the light transmission part. The first optical transmission line also has an electrode formed on one end face in a manner such that the light transmission part is exposed at that end face. The surface emission laser has a light emitting surface, which is fused with the electrode of the optical transmission line and from which light of a predetermined frequency is emitted. The second optical transmission line transmits optical signals and the light receiving element receives the optical signals transmitted by the second optical transmission line. With this optical communication module, the surface emission laser and the light receiving element are fixed to the fixing part and thus this device functions as a device for performing

bi-directional communication.

[0010] With the optical communication module of the second aspect of this invention, the arrangement of the sending side is the same as the arrangement of the optical communication module of the first aspect of this invention, and the present module is also equipped with a receiving arrangement. The same actions and effects as those of the first aspect of this invention are exhibited when the first aspect of this invention is applied to such a bi-directional optical communication module.

[0011] An optical transmission line of a third aspect of this invention is an optical transmission line for transmission of optical signals and comprises a light transmission part, a light containment part, and an electrode. The light transmission part is a linear member and functions as a wave guide for light. The light containment part is a concentric cylindrical member that is formed so as to cover the light transmission part. The electrode is formed on one end face in a manner such that the light transmission part is exposed at that end face.

[0012] By using the optical transmission line of the third aspect of this invention and putting the end face at which the electrode is formed in contact with the light emitting surface

of a surface emission laser and fusing this electrode to the light emitting surface, the optical communication module of the first aspect of this invention can be formed.

[0013] An optical communication module manufacturing method of a fourth aspect of this invention is a method for manufacturing an optical communication module, equipping a surface emission laser, emitting light of a predetermined frequency, and an optical transmission line, having a linear light transmission part and a light containment part with a concentric cylindrical form formed so as to cover the light transmission part, and comprises two steps. That is in the first step, an electrode of the surface emission laser is formed on a first end face of the optical transmission line in a manner such that the light transmission part is exposed at that end face. In the second step, the electrode is fused to the light emitting surface of the surface emission laser.

[0014] With the optical communication module manufacturing method of the fourth aspect of this invention, an electrode is formed on the first end face of the optical transmission line and this electrode is fused to the light emitting surface of the surface emission laser and made to function as one of the electrodes. Also, since the light transmission part is exposed at the end face of the optical transmission line at

which the electrode is formed, the light that is emitted from the light emitting surface is guided to the light transmission part. As was described with the first aspect of this invention, with the optical communication module manufacturing method of the fourth aspect of this invention, the cost of the optical communication module can be reduced by improvement of the productivity and elimination of an expensive optical part. Also, since the electrode of the optical transmission line is fused to the surface emission laser to fix the optical transmission line and the surface emission laser, the fixing of these components is stabilized and the rate of occurrence of defects can be reduced.

[0015] With an optical communication module manufacturing method of a fifth aspect of this invention, the first step in the manufacturing method of the fourth aspect of this invention comprises a third step to a seventh step. That is, in the third step, a resist film is coated onto the first end face. In the fourth step, ultraviolet light is made to enter the light transmission part from the second end face side of the optical transmission line to expose the resist film. In the fifth step, the resist film is developed to make the resist film remain on the light transmission part that is exposed at the first end face. In the sixth step, electrode material is material

is laminated onto the first end face. In the seventh step, the resist film remaining after the development is removed along with the electrode material on the resist film surface to expose the light transmission path.

[0016] With the optical communication module manufacturing method of the fifth aspect of this invention, by exposing the resist film via the light transmission part, just the resist film that covers the light transmission part can be exposed readily.

[0017] Also, in the second step of the manufacturing method of the fourth or fifth aspect of this invention, a semiconductor wafer, in which are formed a plurality of surface emission lasers, with each of which one of the electrodes is not formed, may be diced or cleaved to form a plurality of surface emission lasers, with each of which one of the electrodes is not formed, and thereafter, the processes, of putting the electrode, formed on the first end face of an optical transmission line, in contact with the light emitting surface of a surface emission laser and heating the optical transmission line and the surface emission laser to fuse the electrode to the light emitting surface of the surface emission laser, may be carried out. In this case, an optical transmission line can be fused to the light emitting surface of a diced or cleaved surface emission

laser and the optical transmission line can thus be joined efficiently to the surface emission laser.

[0018]

[Preferred Embodiment] [Overall arrangement] Fig. 1 is a schematic arrangement diagram of an optical communication module to which an embodiment of this invention is applied. This embodiment's optical communication module is equipped with a surface emission laser 1, emitting outgoing optical signals, a light receiving element 2, receiving incoming optical signals, a sending optical fiber 3 and a receiving optical fiber 4, transmitting the outgoing and incoming optical signals, respectively, a lens 5, disposed between optical fiber 4 and light receiving element 2 and converging the incoming optical signals output from optical fiber 4 onto light receiving element 2, and a head 6, onto which surface emission laser 1 and light receiving element 2 are fixed.

[0019] With this embodiment's optical communication module, when an outgoing electrical signal is applied to an electrode of surface emission laser 1, surface emission laser 1 converts the outgoing electrical signal into an outgoing optical signal and outputs the outgoing optical signal to optical fiber 3. Also, when an incoming optical signal is output from optical fiber 4, the incoming optical signal is converged via lens 5

onto light receiving element 2 and the light receiving element converts incoming optical signal into an incoming electrical signal.

[0020] [Arrangement of the optical fiber] Fig. 2 shows a sectional view (a) along the axial direction of optical fiber 3 at the vicinity of the junction with surface emission laser 1 and a diagram of the surface of junction (b) of optical fiber 3 with surface emission laser 1. As shown in Fig. 2, optical fiber 3 comprises a core 31, serving as a light transmission part for transmitting light, and a clad 32, serving as a light containment part for containing light within core 31. Also, with optical fiber 3, an electrode 33 is formed on the end face joined to surface emission laser 1 and the outer peripheral surface of the vicinity of this end face. This electrode 33 is formed as the anode electrode of surface emission laser 1. At the end face of optical fiber 3 that is joined to surface emission laser 1, electrode 33 is formed in a doughnut-like shape and has an opening so that core 31 is exposed. By forming this opening, core 31 is exposed and the light emitted from surface emission laser 1 is introduced efficiently into core 31.

[0021] With this embodiment's optical communication module, electrode 33, which is formed on optical fiber 3, is fused to

light emitting surface 26 (to be described below) of surface emission laser 1, and this electrode 33 is used as the anode electrode of surface emission laser 1. In this case, a lens or other optical part for converging the laser light from surface emission laser 1 onto optical fiber 3 is made unnecessary and the alignment of surface emission laser 1, optical fiber 3, and an optical part is made unnecessary.

[0022] [Arrangement of the surface emission laser] As shown in Fig. 3(a), surface emission laser 1 of this embodiment is equipped with a substrate 10, a first containment layer 12, a second containment layer 14, an active layer 16, a third containment layer 18, and a cathode electrode 22. Electrode 33, shown in Fig. 2, is joined to the surface of third containment layer 18. Also as shown in Fig. 3(b), a two-dimensional diffraction grating 24, with which depressed parts 24a of low refractive index are formed at fixed intervals on a plane within a region of high refractive index, is formed on first containment layer 12.

[0023] As substrate 10, for example, an n-type InP semiconductor substrate with a (001) surface orientation is used. As second containment layer 14, an n-type InP semiconductor layer is used, and as third containment layer 18, a p-type InP semiconductor layer is used. The surface of



third containment layer 18 functions as light emitting surface 26 from which laser light is outputted. Active layer 16 may have a single or multiple quantum well structure, and for example by using an InGaAs/InGaAsP-type distortion-less multiple quantum well structure, a surface emission laser 1 with an emission wavelength of the 1.3  $\mu\text{m}$  band can be realized.

[0024] For first containment layer 12, a compound semiconductor, formed of elements of groups III to V and having a high refractive index, such as InP, InGaAsP, GaAs, InGaAs, etc., may be used. Two-dimensional diffraction grating 24 is arranged with a plurality of depressed parts 24a that are formed on one surface of first containment layer 12 as shown in Fig. 3. The intervals between the respective depressed parts 24a are set to be integer multiples of the wavelength of light defined by the energy band gap of active layer 16. Here, each depressed part 24a is disposed as a spatial part of columnar (for example, cylindrical) form. Each depressed part 24a is formed so that its refractive index will be lower than the refractive index of first containment layer 12. The refractive index of depressed parts 24a is made lower than the refractive index of first containment layer 12, for example, by not embedding anything (setting up a state in which air exists) in depressed parts 24a, and the refractive index

difference between the two parts is thereby made large. Also, a dielectric material (an SiN film, etc.) of low refractive index may be embedded in depressed parts 24a. By thus making the refractive index difference large, light can be contained within the medium of high refractive index.

[0025] With surface emission laser 1, when an outgoing electrical signal is applied to electrode 33 and cathode electrode 22 and carriers are injected into active layer 16, light of a wavelength corresponding to the energy band gap of active layer 16 is generated. The light generated by active layer 16 is amplified as phase-aligned light at two-dimensional diffraction grating 24 and enters active layer 16 again to cause stimulated emission. With this stimulated emission light, phase-aligned light is amplified again at two-dimensional diffraction grating 24 and returned to active layer 16. Stimulated emission at active layer 16 and amplification at two-dimensional grating 24 are repeated and laser light is then emitted from light emitting surface 26. This laser light enters into core 31 through the opening of electrode 33 and is transmitted.

[0026] With surface emission laser 1 formed in the above-described manner, only carriers are injected into the region of active layer 16 below electrode 33 and since active layer

16 and two-dimensional grating 24 are formed across the entire surface, no matter where on light emitting surface 26 electrode 33 is fused, light emission occurs in the same manner below electrode 33 and laser light is guided to core 31 of optical fiber 33. Thus by using this surface emission laser 1, optical fiber 3 can be fixed readily to surface emission laser 1.

[0027] (Manufacturing process of the optical communication module) A method for joining optical fiber 3 to surface emission laser 1 shall now be described with reference to Fig. 4 to Fig. 9.

[0028] First, as shown in Fig. 4, a resist 34 (for example, AZ5214E) is coated onto a first end face of optical fiber 3, which is to be joined, and the outer peripheral surface at the vicinity of the first end face. With the present embodiment, resist 34 is coated from the first end face to the outer peripheral surface across a length of approximately 50  $\mu\text{m}$  to 1000  $\mu\text{m}$  in the axial direction. Then as shown in Fig. 5, ultraviolet light (wavelength: 0.3  $\mu\text{m}$  to 0.4  $\mu\text{m}$ ) is made to enter core 31 from a second end face at the side opposite the first end face to expose resist 34, which has been coated onto the surface of core 31 at the first end face. The exposed resist 34 is then developed using a developing solution (for example, AZ300), and resist 34 is then peeled off while leaving on the

exposed resist part 34a as shown in Fig. 6. Thereafter, an electrode material, such as InZn, AuZn, InAu, etc., is vapor-deposited to form electrode 33 and the remaining exposed resist part 34a is lifted off along with the electrode material there to expose core 31 as shown in Fig. 2.

[0029] Fig. 8 shows a semiconductor wafer 10, with which the respective layers 22, 10, 12, 14, 16, and 18 (Fig. 3), besides the anode electrode, are laminated in that order. This semiconductor wafer 10 is cleaved (diced) into a plurality of regions to prepare a surface emission laser 1 in which an anode electrode is not formed.

[0030] Fig. 9(a) is a sectional view of surface emission laser 1, which has been cleaved from semiconductor wafer 10, and optical fiber 3, and Fig. 9(b) is a perspective view of the same. Optical fiber 3, with which electrode 33 has been prepared by the above-described steps, is put in contact with light emitting surface 26 of surface emission laser 1 as shown in Fig. 9 and these components are heated by an oven, etc., in this condition. The heating temperature is set to approximately 150°C to 600°C. By being heated, the material of electrode 33 melts and becomes fused to light emitting surface 26. This electrode 33 functions as the anode electrode of surface emission laser 1. Furthermore, in order to improve

the fixing of surface emission laser 1 and electrode 34, the connected part is fixed by a resin 34.

[0031] [Summary] With this manufacturing method, since optical fiber 3 is fixed directly to surface emission laser 1, a lens or other optical part for converging the laser light is made unnecessary and alignment of surface emission laser 1, optical fiber 3, and an optical part is made unnecessary, thereby simplifying the manufacturing process and improving the productivity.

[0032] Since in addition to significantly simplifying the manufacturing process and improving the productivity, a lens or other expensive optical part can be eliminated, the manufacturing cost can be reduced significantly. Furthermore, since electrode 33, which is formed on optical fiber 3, is fused to light emitting surface 26, the fixing of surface emission laser 1 and optical fiber 3 is made stable and the rate of occurrence of defects can be reduced significantly. By fixing the junction part further by resin 34 after fusing surface emission laser 1 and optical fiber 3, the fixing of the two components is stabilized further.

[0033] With surface emission laser 1 of the present embodiment, no matter where on light emitting surface 26 optical fiber 3 is fused, surface emission laser 1 emits light below electrode

33, which is formed on optical fiber 3, and the laser light is guided to core 31 of optical fiber 3. Optical fiber 3 can thus be fixed readily to surface emission laser 1.

[0034]

[Effects of the Invention] With this invention, since in an optical communication module, the light emitting element is fixed directly to the optical transmission line, an optical part for converging the light from the light emitting element onto the optical transmission line is made unnecessary and the alignment of the light emitting element, the optical transmission line, and an optical part is made unnecessary. The manufacturing process is thus simplified and the productivity is improved. Also the cost can be reduced by the improvement of productivity and the elimination of an expensive optical part.

[0035] Also with this invention, since the fixing of the light emitting element and the optical transmission line in an optical communication module is stabilized, the rate of occurrence of defects can be reduced.

#### [BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS]

[Fig. 1] A schematic arrangement diagram of an optical communication module of an embodiment of this invention.

[Fig. 2] A sectional view (a) of a sending optical fiber and

a plan view of a first end face (b) of the same.

[Fig. 3] A perspective view (a) of a surface emission laser and a sectional view along line I-I' of the same (b).

[Fig. 4] An explanatory diagram of a manufacturing process of the sending optical fiber (part 1).

[Fig. 5] An explanatory diagram of a manufacturing process of the sending optical fiber (part 2).

[Fig. 6] An explanatory diagram of a manufacturing process of the sending optical fiber (part 3).

[Fig. 7] An explanatory diagram of a manufacturing process of the sending optical fiber (part 4).

[Fig. 8] A semiconductor wafer on which a surface emission laser has been formed.

[Fig. 9] A sectional view (a) and a perspective view (b) for describing the fusing of the sending optical fiber and the surface emission laser.

[Description of Symbols]

- 1 Surface emission laser (light emitting element)
- 2 Light receiving element
- 3 Sending optical fiber (first optical transmission line)
- 4 Receiving optical fiber (second optical transmission line)
- 10 Semiconductor wafer
- 26 Light emitting surface

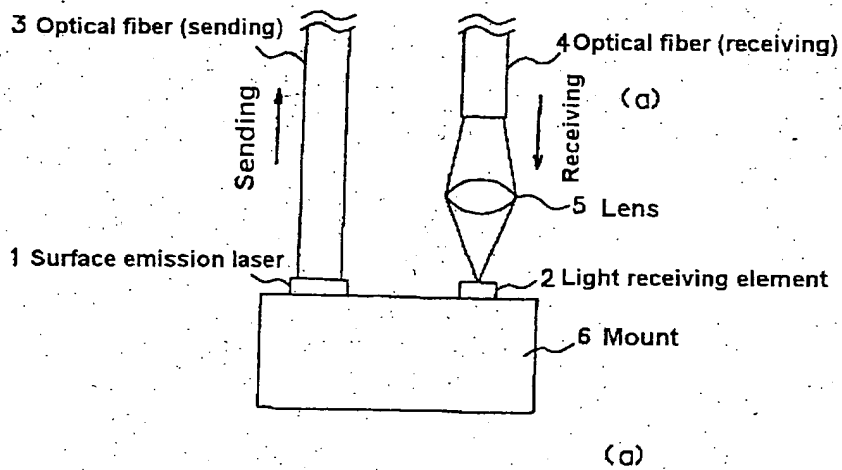
Core (light transmission part)

Clad (light containment part)

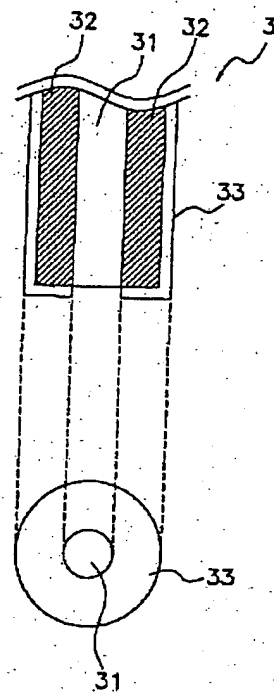
Anode electrode



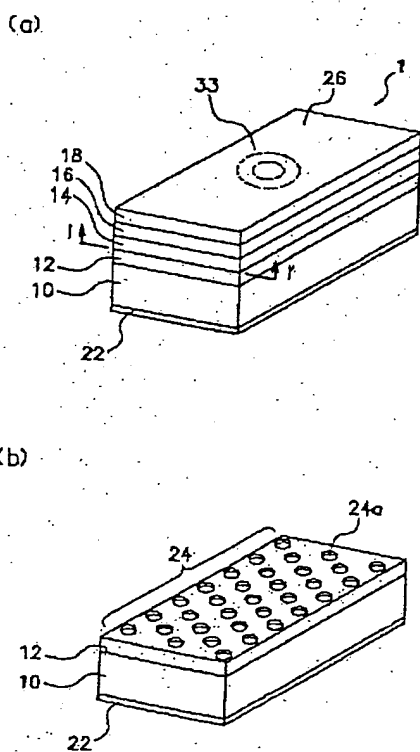
# Fig.1



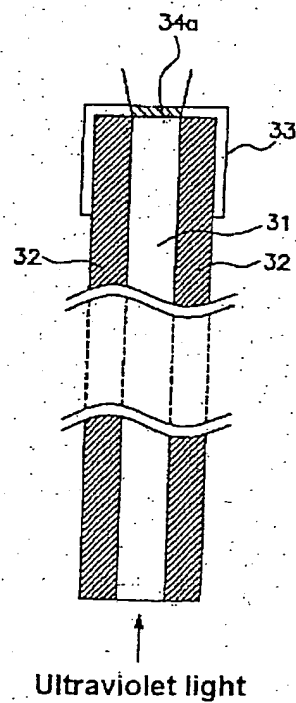
# Fig.2



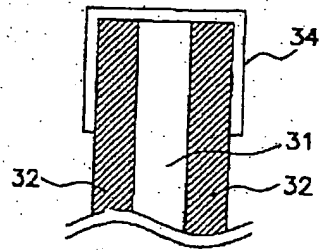
# Fig.3



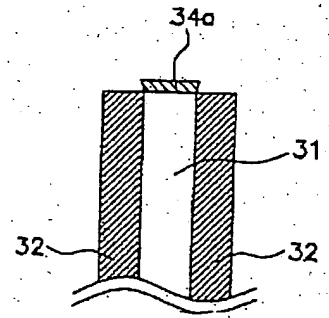
# Fig.5



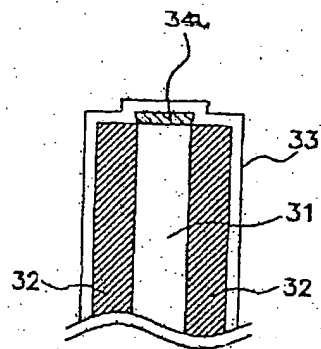
**Fig.4**



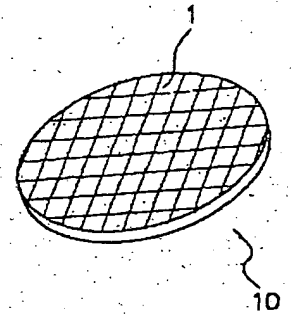
**Fig.6**



**Fig.7**

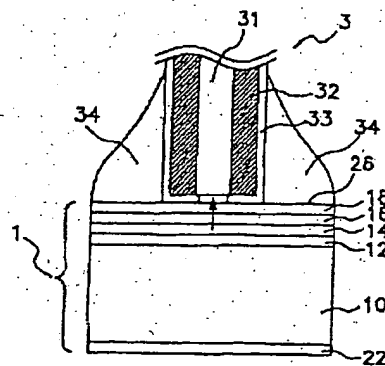


**Fig.8**



**Fig.9**

(a)



(b)

